

LA CRISE DES SOLS DANS LE MONDE

DOCUMENT PRÉPARÉ PAR
LE CENTRE DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL
(CRDI)

Division des Communications
Centre de recherches pour le développement international
C.P. 8500
Ottawa (Ontario)
CANADA K1G 3H9

Contact:
Robert Charbonneau
(613) 598-0567

juin 1986

" Nos sols sont en danger. Notre avenir est menacé. Il est temps d'agir. "

- L'honorable H. O. Sparrow, président du Comité permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts du Sénat du Canada.

.....

" La civilisation ne pourra pas survivre telle que nous la connaissons si nous continuons à perdre notre terre arable au rythme actuel. "

- Lester Brown (Worldwatch Institute).

.....

" Les pauvres transmettent leur souffrance à la terre. "

- R. Duda1 (FAO).

.....

" De nombreux témoins de l'Ontario et du Québec, comme de toutes les autres provinces, n'ont pas manqué de remarquer l'importance des solutions qui ont été conçues sur place afin de répondre aux problèmes que posaient la dégradation des sols. "

- Comité permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts du Sénat du Canada.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION : L'APPORT DU CRDI	page i
--	---------------

Le Centre de recherches pour le développement international a été l'un des principaux initiateurs de la recherche en agroforesterie.

LA DÉGRADATION DES SOLS	page 1
--------------------------------	---------------

Un processus naturel quasi imperceptible, aux effets dévastateurs.

DE RETOUR VERS L'ÉDEN	page 15
------------------------------	----------------

Pour retrouver l'abondance du jardin originel, l'humanité devra intégrer la conservation des sols à ses structures agricoles et économiques.

CONCLUSION	page 33
-------------------	----------------

ANNEXES

I - UN PROBLÈME VIEUX COMME LA TERRE

Là où s'étend aujourd'hui le désert, s'élevait hier une forêt dense.
La dégradation des sols a entraîné la chute de civilisations entières.

II - AU CANADA AUSSI !

Tout comme en Afrique, les sols de pays occidentaux sont sujets à l'imprégnation saline. La moitié des terres cultivables perdues au profit de l'expansion urbaine provient du vingtième de nos meilleures terres arables.

III - POUR EN SAVOIR DAVANTAGE

Une bibliographie exhaustive de la recherche sur la dégradation des sols.

LE CENTRE DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) est une société publique créée en 1970 avec l'appui des trois partis représentés au Parlement du Canada. Le mandat du Centre, tel qu'arrêté par le Parlement au paragraphe 4(1) de la Loi sur le Centre de recherches pour le développement international, est le suivant :

Le Centre a pour objet d'entreprendre, d'encourager, de soutenir et de poursuivre des recherches sur les problèmes des régions du monde en voie de développement, sur les moyens d'application et d'adaptation des connaissances scientifiques, techniques et autres, au progrès économique et social de ces régions...

Les fonds du CRDI proviennent entièrement d'une subvention du Parlement du Canada. Cependant, les politiques du Centre sont établies par un Conseil de gouverneurs international. Le Centre, qui a son siège à Ottawa, compte six bureaux régionaux : en Afrique de l'Est, en Afrique de l'Ouest, en Asie du Sud-Est, en Asie du Sud, en Amérique latine et au Moyen-Orient. Le Centre privilégie les cinq domaines suivants : les sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition; les sciences de la santé; les sciences de l'information; les sciences sociales et les communications.

Le CRDI, à l'instar d'autres organismes internationaux, s'est penché sur les crises provoquées par la sécheresse et la dégradation des sols en Afrique et dans d'autres régions en développement. Cependant, étant donné la nature de son mandat, le Centre s'est préoccupé davantage de projets de développement à long terme que d'actions visant à assurer des secours d'urgence.

Plus particulièrement, le Centre a appuyé un certain nombre de projets de recherche axés sur la solution des problèmes écologiques, agronomiques et sociologiques particuliers des régions en développement. Les solutions proposées à l'issue de telles recherches contribuent à freiner l'importation de solutions toutes faites dans des régions qui ne peuvent, pour des raisons sociales et autres, les appliquer. Au nombre des projets portant sur l'étude des causes et conséquences directes et indirectes de la dégradation des sols dans le Tiers-Monde figurent les travaux en agroforesterie, la recherche sur les sols en général, sur les engrais, et sur les systèmes de culture en zone désertique.

Renseignements supplémentaires

Les projets présentés dans le présent document ne constituent qu'un échantillon des activités qui reçoivent l'appui du CRDI et qui ont pour but de résoudre, directement ou indirectement, les problèmes de la dégradation des sols dans le Tiers-Monde. La totalité des projets que finance le Centre dans ce domaine, ne représente pourtant qu'une fraction de l'effort mondial. Des organismes internationaux tels l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) - Rome, l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) - Paris,

le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) - New York, l'Institut international de recherche sur les cultures des zones semi-tropicales arides (ICRISAT) - Inde, participent tous à cette lutte sous une forme ou une autre. Y participent également des organismes tels l'Agence canadienne de développement international (ACDI), la Agency for International Development des Etats-Unis (USAID) et, bien sûr, une foule d'organismes gouvernementaux et non gouvernementaux dans les pays en développement.

La Section des Affaires publiques de la Division des communications du CRDI se fera un plaisir de fournir aux personnes intéressées toute l'information voulue sur les domaines d'activités du CRDI. La Division des communications met également à la disposition des organismes et particuliers intéressés tout un choix de livres, de photographies et de films 35 mm et vidéo. Le personnel du Centre met les connaissances qu'il a acquises au cours des 15 dernières années au service des médias, universités et autres publics canadiens intéressés. Outre les renseignements que le CRDI peut fournir sur ses propres programmes et projets, il dispose de documents portant sur le problème de la dégradation des sols, les moyens dont dispose la communauté internationale pour le résoudre et, il va de soi, sur les nombreuses questions de développement qui relèvent de la compétence du Centre.

INTRODUCTION

Ebranlés par l'ampleur de la famine qui sévissait en Afrique depuis le début des années 1980, les citoyens du monde entier n'ont guère eu le temps de s'interroger sur les causes de cette catastrophe. La "sécheresse", disait-on, était la principale coupable. Pourtant, même le gouvernement d'Éthiopie reconnaissait que la sécheresse n'avait fait qu'accroître les problèmes du pays. La dégradation de son sol et la disparition de ses forêts étaient au cœur même du problème et laissaient entrevoir, à long terme, un déficit de la production agricole nationale.

Ce constat de la disparition du sol arable et des forêts en Éthiopie, triste en soi, peut également être fait dans des pays aussi différents que les États-Unis, la Chine, l'Union Soviétique et l'Inde - tous d'importants producteurs de denrées alimentaires - et au Nigéria, au Salvador, au Brésil, en Iran et à la Grenade. Un tiers de la population du globe, soit environ un milliard et demi de personnes, vivent dans des territoires où, pour une raison ou une autre, les superficies cultivables diminuent régulièrement.

Dans l'ouvrage State of the World 1985, de Lester R. Brown publié par le Worldwatch Institute, on peut lire qu'il y a peu de chance de pouvoir contrôler les forces entraînant déficits agricoles et montée du prix des denrées partout dans le monde, tant que le sol arable continuera de se dégrader et de disparaître. La couche de terre en train de disparaître présente un intérêt qui dépasse le domaine de la statistique. Edouard Saouma, directeur général de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) décrit ainsi la dépendance de l'humanité vis-à-vis du sol pour sa survie : "Le fait que, pour son existence, l'être humain dépend de moins d'un mètre carré d'un mélange de débris organiques et inorganiques peut surprendre l'homme moderne. Et pourtant, il en est ainsi. Le sol de notre planète, notre atmosphère et nos océans forment ce qu'on appelle la biosphère : une mince couche autour de la terre dans laquelle existe tout ce qui est vivant."

L'humanité ne peut pas, aujourd'hui, malmenier la terre et s'attendre à pouvoir changer d'avis demain. Il faudra peut-être un siècle, un millénaire, voire plusieurs millénaires, pour que deux centimètres de sol, une fois détruits, retrouvent son état d'origine. Selon M. Saouma : "L'acte irréfléchi d'un seul être humain peut détruire à jamais des dizaines de tonnes de sol pour chaque hectare de terrain qu'il cultive. En quelques jours, l'héritage patiemment accumulé par des milliers d'années de recyclage naturel peut disparaître pour de bon."

Comme on le verra plus loin, bien des civilisations ont disparu dans l'antiquité à cause de l'érosion des sols. Mais elles se sont effondrées sans bruit, sans vraiment déranger le reste du monde. Aujourd'hui, toutefois, comme l'a noté le Worldwatch Institute, l'émergence d'une économie internationale hautement développée permet la transmission des

pénuries d'un pays à un autre, en une sorte de théorie des dominos des tensions et de l'effondrement écologique. Un pays qui perd une trop grande quantité de son sol arable se voit contraint d'importer davantage de denrées, imposant par là même une pression accrue sur les sols de tous les autres pays. "

C'est cette interdépendance qui a motivé le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) à produire le présent document. Depuis sa création, il y a 15 ans, le CRDI a été l'expression de la volonté des Canadiens d'aider les pays en développement à résoudre la crise des sols. Le texte qui suit analyse les causes de la dégradation des sols et suggère des avenues possibles, en fonction des travaux de recherche que le Centre subventionne.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur le sujet, ou pour consulter les experts en agriculture du CRDI, prière de s'adresser à:

Robert Charbonneau, Relations publiques, CRDI
(613) 598-0567

LA DÉGRADATION DES SOLS

Bien que la dégradation des sols soit un processus généralement lent et imperceptible, ses effets sont spectaculaires. Comme l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) l'a fait remarquer dans le rapport Protect and Produce, il est rare qu'un terrain produise à pleine capacité une certaine année et ne soit plus bon à rien l'année suivante. Selon Les arbres dans l'aménagement des terres sous les tropiques : une solution à la faim, un document publié dès 1978 par le CRDI, près d'un milliard d'hectares de forêts tropicales ont été transformés en désert semi-aride depuis le début des temps historiques. On a évalué à deux milliards d'hectares la superficie totale des terrains perdus par dégradation durant la même période, soit une surface bien supérieure à celle qu'on considère comme étant cultivable aujourd'hui. Toutes ces terres n'ont pas été perdues en un jour; en fait, l'humanité s'en est à peine rendu compte.

L'érosion des sols: une définition

La nature peut avoir besoin de 12 000 années pour " fabriquer " suffisamment de terre arable et donner un terrain productif. Si l'on compare ce laps de temps avec l'espérance de vie moyenne d'un être humain, on se doit de conclure que le sol est, à toute fin utile, une ressource que l'on ne peut renouveler.

Cinq éléments entrent dans la composition du sol. Le premier, c'est la roche saine ou le soubassement qui a subi l'action des intempéries ou une certaine forme de décomposition. Le second, c'est l'eau. Le troisième est l'air. Le quatrième, faible en quantité mais essentiel à la structure du sol, à sa fertilité et à ses aptitudes à retenir l'eau, est la matière organique qui est formée de végétaux ou d'animaux en décomposition. La quantité de matière organique détermine le degré de porosité du sol ainsi que sa capacité à laisser les eaux s'écouler ou à s'en imbiber. Le cinquième élément est un mélange de différentes formes de vie, constituées principalement d'insectes et de micro-organismes.

Certains sols sont plus vulnérables à l'érosion que d'autres. C'est le cas notamment de sols arides, imperméables ou infertiles. Le relief, et tout particulièrement les pentes abruptes, prédisposent les terrains à l'action néfaste des hommes, des animaux ou d'autres intervenants. Il ne faut pas oublier non plus le facteur climatique: l'action érosive du vent et des chutes de pluie. D'ailleurs, l'érosion causée par l'eau est essentiellement en fonction de l'intensité des précipitations et de l'équilibre qui existe entre précipitation et évaporation. Quant à l'action érosive du vent, elle s'accroît en fonction de la vitesse de celui-ci.

Quel que puisse être le danger naturel présent dans une région donnée, ce sera l'action de l'homme sur ces divers éléments, la manière dont il tiendra compte de ces derniers, qui détermineront si oui ou non l'érosion potentielle deviendra réalité. L'érosion peut être due à des causes

humaines directes ou indirectes. Les premières comprennent les activités agricoles ou autres dont le résultat est l'érosion. Les secondes concernent les facteurs sociaux et économiques qui aboutissent à ces pratiques. Par causes directes, on entend donc la manière avec laquelle l'humanité use et abuse de la terre, que ce soit par une mauvaise utilisation des terres, l'empoisonnement du sol par les produits chimiques et le déboisement. La pauvreté, la dette extérieure, la pression démographique et les inégalités sociales sont des causes indirectes.

Un sol est considéré dégradé dès qu'on constate une diminution ou la destruction de sa productivité agricole. La dégradation des sols se divise en quatre grandes catégories; ce sont : la perte des matières qui forment le sol, la dégradation chimique, le phénomène de dégradation physique et l' " urbanisation " .

La perte des matières formant le sol, réfère à l'érosion du fait de l'eau, l'érosion éolienne et la perte des matières organiques par labourage ou autres.

La dégradation chimique comprend l'imprégnation saline, l'acidification du sol provoquée par les pluies acides ou le recours abusif à certains types d'engrais, et la pollution industrielle ou autre.

La dégradation physique concerne surtout le tassement du sol principalement provoqué au Canada par l'emploi de matériel lourd et, en Afrique, par les pacages excessifs.

La dernière forme de dégradation du sol concerne la perte des terres agricoles en raison de la croissance des villes et des zones industrielles.

Les causes de l'érosion

" Tout a commencé par une goutte de pluie " dit la légende d'une photo illustrant l'érosion des sols au Canada que l'on trouve dans le rapport du Sénat intitulé Nos sols dégradés. Cette légende décrit très exactement toutes les conséquences que le climat peut avoir sur la terre. Mais, comme nous l'avons vu plus haut, il faut souvent rechercher les origines réelles de l'érosion des sols dans les actions des hommes et plus encore dans leurs souffrances. Cette dernière remarque est particulièrement vraie pour le Tiers-Monde.

Plusieurs changements sociaux ont contribué à l'intensification de la culture. Plutôt que de cultiver une mince couche de terre arable deux fois en 15 ans, plusieurs agriculteurs tentent d'y obtenir deux récoltes annuelles. La superficie de terre défrichée pour nourrir une population en pleine croissance, augmente sans cesse. On prédit qu'au cours des 30 prochaines années, la majeure partie de la forêt tropicale telle que nous la connaissons sera devenue des terres infertiles, et que la désertification progressera à un rythme accéléré.

Il existe plusieurs causes à l'érosion des sols :

Une mauvaise gestion Les pratiques agricoles qui tendent à surexploiter la capacité des sols contribuent éventuellement à leur dégradation et à la baisse des rendements.

La poussée démographique Les agriculteurs essaient d'obtenir le plus de récoltes possible en un an, pour répondre à l'accroissement de la demande. Ils seront ainsi tentés de cultiver des terres plus vulnérables à l'érosion. De plus, le stress qu'impose à la terre le pacage du bétail pourra augmenter, à mesure que la population s'accroît.

Les changements sociaux L'agriculture itinérante, qui exploite peu la terre, tend à disparaître alors que les populations nomades sont de plus en plus incitées à se loger dans les villes et villages. Leur mode traditionnel de gestion des terres ne peut plus être appliqué sur de petites parcelles limitées, d'où ils doivent pourtant tirer leur subsistance. L'adoption de plus en plus grande de cultures de rentes affecte également la terre aussi bien que l'agriculteur, alors que les meilleures parcelles sont réservées aux récoltes commerciales. On redistribue aux agriculteurs les sols les moins fertiles, le plus souvent par un système de location annuelle. Or les fermiers-locataires qui n'ont qu'une petite parcelle sur laquelle travailler sont rarement intéressés à y pratiquer des mesures de conservation des sols.

Le déboisement Le déboisement constitue à la fois une cause et une conséquence de l'érosion. Refoulés vers les collines boisées par l'infertilité de leurs terres, les agriculteurs déboisent, à des fins agricoles, de plus en plus de forêts, à moins que ce ne soit pour obtenir du bois de chauffage. Plus la pente d'un terrain boisé est abrupte et plus grandes sont les chances d'érosion notamment due à l'action de l'eau. En terrain plat, l'élimination de brise-vent, qui accompagne souvent le déboisement, laisse la terre exposée au vent.

Le déclin de la fertilité Dans une terre peu fertile, les plantes qu'on y fait pousser seront de petite taille et leurs racines pourront difficilement extraire l'eau du sol. Cette situation les rend extrêmement vulnérables lors de sécheresse, et les empêche de protéger adéquatement le sol contre l'érosion éolienne et le ruissellement des eaux de pluie.

Les conséquences de la dégradation

Dans certaines parties du continent africain, les mutations sociales et politiques auxquelles on a déjà fait allusion, combinées à la fragilité des sols et aux caractéristiques des précipitations ont provoqué la catastrophe que l'on connaît actuellement. Dans les régions semi-arides de ce continent, dans des pays comme l'Éthiopie, la Somalie, le Soudan et le Sénégal, les sols sont parmi les moins fertiles du monde. Ainsi que l'a souligné Edward S. Ayensu, au cours du Symposium sur la sécheresse en Afrique, organisé par le CRDI, en collaboration avec l'ACDI (l'Agence canadienne pour le développement international), en 1985, les niveaux

d'oligo-éléments présents dans le sol de ces régions diminuent considérablement après deux ou trois saisons de récolte. Il faut alors laisser la terre en jachère pendant 10 à 15 ans avant de pouvoir obtenir à nouveau deux ou trois récoltes. Qui plus est, la structure des sols est mauvaise, car les températures élevées décomposent les résidus et les matières organiques que l'on trouve dans les récoltes avant qu'ils puissent faire partie intégrante du sol. Les pays au relief montagneux et abrupt sont exposés au danger manifeste d'érosion par le ruissellement des eaux.

Ainsi dénudés et surexploités, ces terrains subissent de plein fouet les effets du climat. Pendant la saison sèche, les vents violents soulèvent la terre arable des terrains plats exposés et entraînent au loin des tonnes de sol précieux. Les sols sablonneux qu'on trouve un peu partout en Afrique sont particulièrement exposés à cette érosion éolienne. Au nord de l'équateur, plus de 22 p. 100 des terres africaines sont sujettes à l'érosion éolienne et il en va de même pour près de 35 p. 100 des terres du Moyen-Orient.

On retrouve en Amérique latine la même situation. Selon une estimation, cette région a jusqu'à présent perdu la moitié de son sol arable par l'érosion et le Mexique ainsi que les pays de la Cordillère des Andes sont les plus grands perdants. Entre 1975 et 1980, l'Amérique latine a détruit 18,4 millions d'hectares de ses forêts tropicales - moitié moins qu'en Afrique, mais une fois et demie de plus qu'en Asie. La Colombie dont la couche de terre arable cultivable est relativement mince, perd près de 500 millions de tonnes de ce sol chaque année.

En 1978, Kenneth King, expert en sylviculture pour le compte du gouvernement guyanais, puis directeur général adjoint de la FAO, a donné l'avertissement suivant : " On crée des déserts dans les zones tropicales et sub-tropicales... Je soutiens qu'en Amérique latine et en Asie, on est confronté à une invasion progressive et insidieuse des déserts, une invasion que le monde refuse d'admettre et dont les journaux ne parlent même pas; je prédis que, en l'absence de toute mesure, nous vivrons, d'ici une dizaine d'années, un problème comparable en dimension à celui du Sahel. "

D'autres causes d'érosion

Bien que l'érosion éolienne et celle causée par le ruissellement des eaux soient les facteurs les plus préoccupants de la crise mondiale des sols, il importe de considérer également l'imprégnation saline qui réduit la fertilité des terres de plusieurs pays. L'imprégnation saline est habituellement causée par une irrigation sans drainage adéquat (ce qui rend paradoxalement la terre inutile, plutôt que de la rendre fertile). Sur les 200 millions d'hectares de terre qui sont irriguées dans le monde, 40 millions environ sont soit saturés d'eau, soit affectés d'une salinité excessive, soit encore frappés de ces deux maux. Il en est ainsi pour 10 des 15 millions d'hectares de terres irriguées au Pakistan, pour la moitié de la vallée de l'Euphrate dans sa partie syrienne, pour 35 p. 100 des terres irriguées de l'Inde et 33 p. 100 de celles de l'Égypte. En Argentine, deux millions d'hectares de terres irriguées ont également été

perdus par la présence excessive d'eau ou de sel au même titre que la moitié environ des 800 000 hectares de terres côtières irriguées au Pérou.

Présent dans la plupart des terres cultivées, le phénomène du tassement des sols affecte davantage cette partie de l'Afrique frappée par la sécheresse, où l'on a dangereusement dépassé la capacité de la terre d'offrir aux animaux un milieu vital. Le martèlement constant de la terre par le bétail s'ajoute au pacage excessif pour nuire à la capacité reproductrice du sol. De même, l'utilisation de machines lourdes dans les champs cultivés entraîne la formation d'une couche compacte sous la surface ameublie par le labour, ce qui diminue l'écoulement des eaux. Des matières organiques précieuses sont par ailleurs perdues, en raison de labours intensifs ou excessifs. En dernier lieu, il faut reconnaître qu'il y a de plus en plus de terres dans le Tiers-Monde qui sont perdues à cause de l'urbanisation et de l'industrialisation; dans d'autres pays, le même phénomène se reproduit à cause de la création de villages, d'aménagement de stades sportifs et même, comme c'est le cas en Chine, de l'aménagement de cimetières. Ce genre d'utilisation n'aurait pas présenté d'inconvénients si l'on avait pris ces terrains sur les 80 p. 100 ou plus de terres du globe, qui selon les estimations, ne conviennent pas à l'agriculture. Malheureusement, les terrains qui conviennent le mieux à l'expansion urbaine ou industrielle sont souvent des terres arables et l'urbanisation ou l'industrialisation l'emporte souvent sur l'agriculture.

Conséquences de la dégradation des sols

Les conséquences immédiates de la dégradation des sols incluent la baisse de rendement agricole, en raison des dommages causés à la structure des sols et à l'alimentation ou à la réduction de la taille des exploitations agricoles. Au Pérou, pays d'origine de la pomme de terre, une équipe des Nations Unies a établi le rapprochement entre la chute du rendement des pommes de terre et l'érosion des sols. Au Canada, on estime que l'érosion de trois centimètres de sol arable diminue le rendement du blé de 1,5 à 3,4 boisseaux par acre.

Le déboisement peut être soit une cause soit une conséquence de l'érosion. Les routes barrées par des glissements de terrain, dans de nombreuses parties de l'Asie, des Antilles (où les pentes cultivées peuvent atteindre 30 p. 100 ou plus) et de l'Amérique latine, représentent pour les populations à la fois un danger et un obstacle et leur rappellent le caractère éphémère des sols. Les inondations peuvent détruire les ponts et les pâturages lesquels peuvent aussi être ravagés par l'érosion éolienne. L'envasement peut réduire considérablement la puissance et la durée de vie utile des installations hydro-électriques ainsi que celles des systèmes de drainage et d'irrigation. La profondeur des lacs diminue, ce qui peut entraîner une chute des prises de poissons et rendre les cours d'eau moins navigables; enfin, les dégâts causés aux systèmes de prévention des inondations peuvent entraîner des risques accrus d'inondation.

Les premières conséquences indirectes de l'érosion se font sentir sur les familles paysannes, par la famine et son cortège de problèmes. L'érosion a souvent pour conséquence d'attirer les populations rurales vers les villes, où elles viennent grossir les bidonvilles. Dans les cas extrêmes, ces familles rurales n'auront d'autre choix que de se réfugier à l'étranger.

Plusieurs facteurs, qui jouent un rôle indirect dans l'érosion et la dégradation des terres, tels que le prix élevé des denrées, les dettes personnelles ou la dette nationale, finissent par en devenir les conséquences et provoquent émeutes ou exodes. Les liens entre la dégradation des terres et celle du sort de l'humanité sont particulièrement forts, ce qui explique pourquoi il est crucial de se pencher sur ce problème si l'on veut briser le cercle vicieux.

Quelques données par pays

Éthiopie : La superficie des terrains dévastés par l'érosion du vent et de l'eau peut être considérable. Dans les années 1970, l'Éthiopie a perdu quelque 1,6 milliard de tonnes de sol arable chaque année malgré les efforts de protection entrepris par la suite et qui ont peut-être permis d'infléchir la tendance. Aujourd'hui, ce pays perd plus d'un milliard de tonnes de sol par année. Il y a moins de 100 ans, près de la moitié du pays était recouvert de forêt. Les autorités éthiopiennes estiment qu'il n'en reste plus que 5 p. 100.

Maroc : Les ouvrages d'irrigation sont menacés par l'érosion. On doit constamment nettoyer le canal d'irrigation qui est relié au nouveau barrage de Mansour Eddhabi construit dans le sud du pays à un coût de 20 millions de dollars, en raison du sable transporté par le vent qui balaye le pays. Au nombre des facteurs ayant contribué à l'érosion éolienne au Maroc, citons le pacage excessif ainsi que l'abattage d'arbres exploités pour le bois de chauffage.

Lesotho : Une importante partie des 400 000 hectares de sol arable connaît également les ravages causés par l'érosion en raison de pluies diluviennes, d'un pacage excessif et d'un véritable pillage des forêts en vue d'en tirer du bois de chauffage. L'épaisseur du sol arable qui était autrefois d'environ 38,5 cm, n'atteint plus maintenant que 28,5 cm en moyenne. On compte plus de 20 000 ravins dont beaucoup dépassent 20 mètres de profondeur et 100 mètres de largeur.

Inde : Déjà, dans l'ensemble du monde, près de 27 milliards de tonnes de terre arable sont perdues chaque année du fait de l'érosion. Rien qu'en Inde, près de 6 milliards de tonnes sont entraînées dans le Gange et le Brahmaputra par l'action conjuguée de la nature et de l'homme, la plupart de ces terres provenant des régions tropicales semi-arides du pays.

Népal : Dans l'état voisin du Népal, les fleuves emportent chaque année / près de 240 millions de mètres cubes de terre. La majeure partie de cette terre aboutit en Inde et constitue pour les Népalais ce qu'ils appellent leur " exportation la plus coûteuse ". Comme toujours, cette érosion est

due à des facteurs humains et géographiques. Le Terai - une région plate de terres basses et fertiles voisine de l'Inde au sud et s'étendant depuis la plaine du Gange - possède le potentiel agricole le plus important de ce pays. Cependant, la plupart des Népalais vivent dans la région des montagnes d'altitude moyenne, située entre la chaîne des monts Mahabharat et celle de l'Himalaya, et en raison de la faiblesse des voies de communication, ils ne peuvent transporter leur excédent de nourriture du Terai. Les terres abruptes qui se trouvent à mi-pente des montagnes ont été déboisées et surexploitées pour nourrir cette concentration de personnes, ce qui se traduit par une érosion éolienne, un phénomène de ravinement et, finalement, par des glissements de terrain.

Jordanie : Près de 14 cm de sol ont été perdus au cours des 100 dernières années. À moins que les mesures de conservation ne soient couronnées de succès, le barrage-réservoir King Talal risque, au début du 21^e siècle, d'être à moitié envasé et donc de devenir complètement inutile pour l'irrigation. Dans 40 ans, il pourrait être complètement rempli par la vase qui se détache des collines et qui est entraînée par les eaux. Indépendamment des erreurs et des problèmes imputables à l'homme, la Jordanie est naturellement prédisposée à l'érosion des sols. La majeure partie du pays est aride et près des trois quarts des terres cultivables sans irrigation se trouvent sur des pentes d'au moins 9 p. 100.

Salvador : S.L. Wiggins, du Bureau de planification provincial d'Embu au Kenya, a étudié l'aspect économique de la conservation des sols dans le bassin du fleuve Acelhuate au Salvador. Les 46 310 hectares de terre

agricole de ce bassin sont inégalement répartis, note-t-il, entre les quelque 11 000 cultivateurs ou plus qui y demeurent. La plupart des terrains, et surtout ceux qui sont fertiles, font partie de grandes exploitations, appartenant à des agriculteurs qui cultivent la canne à sucre ou élèvent leur bétail sur de légères pentes ou dans les vallées et qui font pousser du café en altitude, sur les versants plus abrupts. Les petits fermiers travaillent en moyenne sur moins de deux hectares. Plus de la moitié des terres ne sont exploitées qu'en vertu de baux annuels, en dépit de la période minimale de trois ans prescrite par la loi sur les baux fonciers. (Ces renseignements proviennent d'une étude effectuée en 1978-1979.) Comme la plupart des locataires louent des parcelles de terre différentes chaque année, ils ont tendance à cultiver des céréales de base annuelles comme le maïs indien, les haricots et le sorgho. " Ce sont les terres soumises à ces récoltes annuelles, déclare Wiggins, qui subissent la pire des érosions du sol dans les zones rurales. " Dans ces régions, les méthodes de culture traditionnelles consistent à enfouir les résidus des récoltes précédentes avant les semailles, ce qui expose la terre à l'érosion pluviale et notamment à l'érosion en nappes et aux rigoles de ruissellement qui se produiront dès la première chute de pluie un tant soit peu violente. Sur ces parcelles, l'érosion annuelle de terre varie de 15 à 150 mètres cubes par hectare. Selon Wiggins, à cause de ce taux d'érosion élevé, les pentes de nombreuses collines ont déjà perdu tout leur sol arable et les cultures poussent sur le sous-sol. Wiggins ajoute que la situation présente dans le bassin de l'Acelhuate se répète dans bien d'autres régions du Salvador.

DE RETOUR VERS L'ÉDEN

Il existe deux types de solution au problème de la dégradation des sols : **la solution biologique et la solution physique.** La recherche pure ne suffit pas. Des solutions pratiques doivent être trouvées et éprouvées, qui tiendront compte des facteurs socio-économiques et des problèmes spécifiques des agriculteurs. De même, il faudra résister à la tentation d'exporter des solutions occidentales aux pays du Tiers-Monde. De toute évidence, il faudra acquérir de nouvelles connaissances. Mais il y a plus, comme l'a écrit Lester Brown dans son article " Where Has All the Soil Gone? ": Il nous faudrait désormais une nouvelle éthique, un nouveau respect de la terre et une meilleure compréhension de notre dépendance vis-à-vis d'une ressource qu'on considère trop souvent comme acquise. "

L'époque exige aussi qu'on ne perde pas de temps. Dans un article sur la menace de l'érosion des sols, paru en 1937 dans le Journal of the Royal African Society, E. Huxley expliquait pourquoi, à l'époque, les gouvernements coloniaux britanniques en Afrique avaient mis les problèmes de l'érosion en sourdine. " C'est une question épineuse, écrivait-elle, politiquement parlant, c'est un problème explosif qui attendra bien encore un ou deux ans. " De nos jours, l'érosion des sols ne peut plus " attendre encore un ou deux ans " sans que nous courions des risques. Ce serait une grande tragédie si des gouvernements du Tiers-Monde et ceux qui les soutiennent au plan international décidaient de mettre une sourdine

maintenant à cette question de l'érosion, tout en ne tenant compte que de ses symptômes les plus dramatiques comme la faim ou la malnutrition.

Retarder l'adoption de mesures ou au contraire imposer des solutions de détresse, voilà le double danger auquel on fait face lorsqu'on s'attaque, de nos jours, aux problèmes de la dégradation des terres.

SYSTÈMES DE CULTURE EN ZONE DÉSERTIQUE

Les mesures biologiques

À long terme, la seule réponse vraiment valable à la menace que pose l'érosion consiste à combler le fossé qui sépare conservation et agriculture, et à traiter la protection des sols comme étant une partie intégrante du système agricole. Tant qu'on voudra maintenir un système écologique stable en continuant d'accroître la production agricole - ce qui est un véritable défi - l'érosion demeurera une menace et une réalité. Il est peut-être paradoxal que, pour arriver à cette stabilité, il faille souvent revenir en partie aux pratiques des anciens cultivateurs. Selon un document sur les stratégies de conservation à l'intention des pays moins développés (Conservation Strategies for Less Developed Countries), préparé par M.A. Stocking de l'Université d'East Anglia (Royaume-Uni), les stratégies de conservation qui ont le mieux réussi dans les pays en développement sont celles qui reflètent les " idées traditionnelles d'harmonie avec la nature. "

Afin qu'un système soit stable, il faut à la fois une bonne gestion des terres, des récoltes et des animaux. Il faut connaître le rapport optimum entre l'érosion des sols d'une part et leur réhabilitation d'autre part. Pour que cette stabilité existe, il faut également que la qualité et la structure des sols, les régimes éoliens et pluviaux, la pente des terrains et les autres facteurs physiques déterminent le genre de récolte et le type de bétail que pourraient accueillir ces terres. Il faut encore qu'il y ait un équilibre entre les engrais commerciaux destinés à accroître la productivité et le rythme de rotation des récoltes et les autres mesures prévues pour remplacer les micro-substances et maintenir en bon état la structure des sols. Il faut avant tout que les divers intervenants -- du cultivateur au technocrate et de l'agronome à l'organisme d'aide internationale --, travaillent dans un esprit de collaboration et de respect mutuel. Il y a peu de chance que des mesures imposées puissent produire la stabilité.

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), en appuyant financièrement ou autrement des projets de recherche en Afrique, en Asie et en Amérique latine, a contribué au développement de la recherche sur les systèmes de culture, une approche en complète harmonie avec la philosophie énoncée plus haut. En termes simples, on peut dire qu'un système de culture est une manière d'envisager de façon globale tous les facteurs, humains, écologiques, économiques et méthodologiques indispensables à une exploitation agricole productive fonctionnant de façon logique. Cette approche se fonde sur des éléments de diagnostic : les groupes cibles sont déterminés, et des stratégies de gestion sont élaborées sur le terrain, avec la participation des agriculteurs eux-mêmes. Les

chercheurs subventionnés par le CRDI n'ont pas été les seuls à contribuer à la mise sur pied de cette approche. Ils ont également été aidés par de nombreux experts en agriculture qui font maintenant partie du personnel du CRDI.

Il existe une méthode qui est compatible avec l'éthique concernant les systèmes de culture et avec l'approche biologique de la conservation des sols, surtout dans les cas où la couche de terre arable est mince. Elle est dite méthode de labourage-zéro ou encore de labourage-minimum. Ces deux termes sont explicites et les méthodes qu'elles décrivent peuvent accroître les rendements et, dans la plupart des cas, réduire l'érosion au minimum, si ce n'est l'éliminer complètement. Ces systèmes accomplissent, en partie, cette dernière fonction en procurant au terrain une couverture permanente qui l'abrite du vent et de la pluie. De plus, en évitant le passage des machines sur les terres, les systèmes de labourage-zéro et de labourage-minimum empêchent le compactage du sol.

Le choix et la diversité des cultures forment un autre aspect des systèmes de culture. L'accumulation de matières organiques permettant de maintenir le sol poreux peut être favorisée par le genre de culture choisi et par la méthode retenue pour la rotation des cultures. En outre, on peut favoriser le maintien des éléments nutritifs et, partant, la productivité des récoltes, qu'il s'agisse de la partie destinée à la consommation ou de la quantité de matière organique laissée sur place, par le biais du choix et de la rotation des cultures. Dans certains cas, les terrains consacrés à la monoculture sont beaucoup plus sujets à l'érosion que ceux sur

lesquels on a pratiqué la rotation des cultures. La polyculture, la culture intercalaire et les cultures relais qui ont été essayées au cours d'études financées par le CRDI ou dans le cadre d'autres projets sont toutes des solutions pouvant être intégrées à la rotation des cultures et passent pour réduire les risques de dégradation des sols.

Des systèmes de culture appropriés réduisent eux aussi ces risques en préservant ou en augmentant les éléments nutritifs tout en assurant une protection convenable au sol. Toutefois, il semble que les forêts soient la meilleure protection du sol. Replanter les forêts détruites et protéger celles qui restent sont les grands défis que doivent relever les gouvernements et les populations du monde entier. Une étude a révélé que 76 pays tropicaux détruisent une superficie de forêt dix fois supérieure à celle qu'ils reboisent. Plus de 11 millions d'hectares de forêts tropicales sont déboisés chaque année, soit 6 p. 100 par décennie. Dans l'ouvrage State of the World 1985, on peut lire que les programmes de reboisement sont encore trop rares et qu'ils répondent à un besoin qui est plus industriel que biologique ou écologique, bien que " quelques efforts aient cependant été couronnés de succès et procurent un certain encouragement. "

L'agroforesterie

La contribution la plus importante que le CRDI ait apporté pour fournir des réponses aux problèmes que posent les rapports entre la dégradation des sols et l'appauvrissement des populations s'est effectuée dans le domaine

de la foresterie. Le Centre s'est rendu compte à la fois du gaspillage et des destructions qui ont touché les forêts du Tiers-Monde, comme des possibilités qui y existent. En juillet 1975, le CRDI a lancé un projet ayant donné lieu à la création d'un comité consultatif, à des consultations régionales et à la tenue d'un certain nombre d'ateliers, le tout afin de définir les priorités de recherche en foresterie tropicale. Ce projet visait à faire le bilan de la sylviculture dans les pays du Tiers-Monde, à proposer des méthodes novatrices de complémentarité entre la forêt et l'agriculture et à trouver des stratégies de recherche susceptibles de porter fruit.

Il est significatif de constater que les experts conseillaient d'accorder moins d'importance à la forêt et d'insister davantage sur des concepts plus larges de l'utilisation des sols, en d'autres mots, de faire porter l'effort sur des systèmes de production combinés intégrant la forêt, l'agriculture et la zootechnie afin de mieux utiliser les sols dans les pays tropicaux. L'agroforesterie est fondée sur ce nouveau concept de l'utilisation des sols. Plutôt que de contraindre le cultivateur à laisser ses terres en jachère pendant dix ans ou plus afin de permettre au sol de recréer sa couverture forestière, l'agroforesterie permet en fait de mener en parallèle jachère et culture.

L'agroforesterie consiste à effectuer la plantation délibérée d'arbres sur le même terrain que celui utilisé pour les cultures et l'élevage. Cette méthode permet d'établir une interaction positive entre culture et élevage et d'obtenir des rendements élevés et une production

soutenue. L'agroforesterie peut être d'un intérêt considérable là où l'agriculture permet tout juste aux cultivateurs de survivre, quand le degré de mécanisation est faible et que le recours aux engrais artificiels et autres produits d'apport est minime.

Les arbres peuvent améliorer l'état et la capacité de production des terres agricoles qui se dégradent :

- 1) en assurant au sol une couverture qui retient l'humidité et réduit l'érosion;
- 2) en améliorant les sols par l'extraction des éléments nutritifs du sous-sol et par l'addition des matières organiques (feuilles et autres) au sol arable et, en fonction des espèces, en fixant l'azote de l'air qu'ils utilisent eux-mêmes ou qu'utiliseront les cultures environnantes;
- 3) en produisant de la nourriture pour les animaux;
- 4) en donnant du bois de chauffage et de construction, qui, outre son utilisation industrielle, permet aux familles des environs d'obtenir du bois pour faire la cuisine sans avoir à dénuder les terres.

Le CRDI a participé à des projets en agroforesterie dans plusieurs pays et notamment au Sénégal, au Cameroun, en Sierra Leone, au Kenya, en Tunisie et au Nigéria. En Égypte, le CRDI a apporté son soutien à l'une des expériences les mieux réussies au monde sur le casuarina, un arbre qui peut convenir comme brise-vent et servir à d'autres usages. À partir de cette recherche menée par l'Université d'Alexandrie, les scientifiques égyptiens, appuyés là encore par le CRDI, ont entrepris de planter le casuarina et d'autres arbres pour stabiliser le sol, lui ajouter des

matières organiques, protéger les cultures et les maisons et servir d'aliment pour le bétail. En Égypte, le désert représente 96 p. 100 de la superficie des terres; pour l'ensemble du monde, la proportion est de 36 p. 100. Si ce projet contribue vraiment aux efforts entrepris par l'Égypte pour récupérer des terres, nul doute qu'il pourra, d'une manière ou d'une autre, servir à améliorer la productivité agricole de plus d'un tiers des terres du monde. Le CRDI subventionne également, en partie, un projet du ministère de l'Agriculture du Kenya qui vise à utiliser l'agroforesterie pour combattre la progression des déserts.

Le concept de culture en allées - mis au point par un certain nombre d'organismes de recherche nationaux et internationaux et notamment par l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), à Ibadan (Nigéria) avec l'appui du CRDI, promet de réduire l'érosion et la déperdition d'humidité, entre autres. Dans certains cas, ce système de culture consiste à planter des haies tous les trois mètres en y intercalant du maïs et des haricots. On ramène la taille des buissons à 15 cm de hauteur plusieurs semaines avant les pluies et on utilise les branches et les feuilles pour recouvrir le sol nu des allées. On ramasse les branches qui serviront à faire du feu et l'on se sert des feuilles pour donner au sol les oligo-éléments et les matières organiques dont il a besoin.

Certains arbres vivaces offrent des fruits, comme le manguier. Dans ce cas, les arbres contribuent directement à satisfaire les besoins alimentaires des familles. Des chercheurs financés par le CRDI aident les instituts nationaux africains à choisir les espèces les mieux

appropriées et, chaque fois que c'est possible, celles qui donnent de la nourriture et qui permettent de fixer l'azote. Ces chercheurs participent également à l'élaboration des systèmes agroforestiers pouvant être facilement incorporés aux méthodes de culture existantes utilisées par les petits cultivateurs du Nigéria, du Cameroun, du Mali et de la Sierra Leone.

L'agroforesterie possède, en égard à la crise des sols, l'avantage très net de combiner les méthodes traditionnelles avec les besoins et les réalités de la vie contemporaine. Étant donné qu'il faut à tout prix réduire la durée des jachères pour répondre à l'accroissement de la pression démographique, des méthodes comme la culture en allées permettent simultanément de protéger et enrichir le sol, tout en effectuant des cultures vivrières ainsi que l'élevage des animaux.

La recherche sur les sols

Certains scientifiques estiment qu'on doit davantage mettre sur le compte de l'érosion et de l'épuisement des sols, plutôt que sur celui de la sécheresse, le déclin agricole que connaît l'Afrique. Alors que les rendements obtenus en Corée entre 1970 et 1978 pour ses champs de riz bien irrigués et bien amendés, ont représenté une augmentation annuelle de 5,3 p. 100, l'Afrique, avec son mauvais système d'irrigation, la fertilité décroissante de ses sols et une érosion en pleine progression, a déclaré une croissance zéro.

Le International Board for Soils Research and Management (IBSRAM) a été créé afin de répondre à ce genre de problèmes. Le CRDI est co-parrain de l'IBSRAM et il en assure une grande part du financement, tout comme les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Australie. Ce nouvel organisme international a pour fonction principale " de s'assurer que les sols de la terre répondent aux besoins alimentaires des habitants du globe présents et à venir en mettant en place des mécanismes appropriés pour entreprendre, coordonner et appliquer la recherche à la gestion, à la préservation et à la classification des ressources des sols et des terres en vue de la production de denrées alimentaires ". L'IBSRAM vise à encourager la recherche et à établir des capacités de gestion dans les pays en développement ainsi qu'à coordonner les efforts nationaux des pays qui connaissent des problèmes semblables. Déjà, en 1985, l'IBSRAM a pu créer avec l'aide du personnel expérimenté du CRDI, trois réseaux chargés d'étudier les différents types de sols et les contraintes qu'ils imposent sur la production agricole.

Les engrais

Nombre de cultivateurs n'ont pas bénéficié de la " révolution verte " et ne sont pas parvenus à revivifier des sols appauvris par une monoculture intensive en raison du prix élevé des engrais. Au cours des quelque sept années passées, le CRDI a apporté son soutien à la recherche effectuée par le International Fertilizer Development Centre (IFDC), situé aux États-Unis, pour découvrir, dans les pays en développement, des sources indigènes d'engrais qui soient économiques et efficaces.

Le premier projet conjoint IFDC/CRDI, réalisé avec la collaboration de divers organismes de Colombie, du Brésil, de l'Équateur, de la Bolivie et du Vénézuéla, portait sur l'acidité et le manque de phosphore dont souffraient près de la moitié des terres arables des Tropiques exploitées ou susceptibles de l'être. À la fin de 1981, moins de cinq ans après le début de la phase initiale du projet, un cultivateur de Colombie pouvait acheter du superphosphate fabriqué à partir d'une transformation simple des roches locales, à la moitié du coût du produit importé.

Le Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), situé en Colombie et qui a participé à ce projet, a parlé de possibilités " excitantes ". À l'instar d'autres projets du CRDI, la prochaine étape consiste à partager les connaissances ainsi acquises avec d'autres communautés agricoles vivant des problèmes semblables. Des essais sur les roches phosphatées ont été inclus dans un projet d'aménagement des pâturages, un projet sur les systèmes de production en Amazonie et un projet sur les cultures dans les Andes, tous financés par le CRDI.

Le Centre a apporté son appui à des recherches du même type effectuées par l'IFDC en Afrique occidentale et qui ont eu des résultats tout aussi satisfaisants. D'après les conclusions qu'on a pu tirer à l'issue de la première phase de ce projet, le superphosphate triple et les autres phosphates solubles importés pourraient être avantageusement remplacés par les phosphates locaux. On poursuit toutefois les recherches pour s'assurer que ce changement ne présente aucun danger sur le plan écologique ou autre,

et pour inviter les cultivateurs à utiliser le phosphate de roche dans leurs activités agricoles.

Le projet de recherche ouest-africain a débuté au Mali en 1980, à la suite des succès enregistrés en Amérique latine. L'expérience malienne a démontré que la roche phosphatée du Tilemsi, lorsqu'elle était finement broyée, augmentait presque tout de suite les rendements et que, dans les zones pluvieuses, elle avait un effet résiduel durant plusieurs années. Le projet ouest-africain a depuis été étendu par l'intermédiaire du West African Fertilizer and Fertilizer Management Evaluation Network (WAFFMEN), appuyé par le CRDI, au Niger, au Sénégal, au Liberia, à la Sierra Leone, au Togo, au Nigéria, au Cameroun, au Burkina Faso, à la Côte d'Ivoire et à l'Égypte, par l'entremise de l'Université d'Alexandrie.

Les mesures physiques

Si l'on applique le dicton " Mieux vaut prévenir que guérir " au problème qui nous concerne, on peut dire que la conservation biologique des sols représente la prévention tandis que la conservation physique représente la guérison. En règle générale, les moyens physiques suivent plutôt qu'ils ne précèdent le processus de l'érosion. Ces moyens sont très divers et leur usage dépend de nombreux facteurs, dont le degré d'érosion et l'ampleur qu'elle risque d'atteindre. Les mesures physiques de conservation sont coûteuses mais, dans certains cas, des projets collectifs peu onéreux ont prouvé leur efficacité.

Les mesures prises contre l'érosion éolienne sont habituellement préventives. Elles font souvent appel à la culture de plantes pour donner au sol une certaine couverture ou à la foresterie, pour freiner le vent. On a toutefois utilisé également des méthodes ou des dispositifs qui n'avaient rien de botanique, comme les brise-vent. Au Maroc, des plaques de fibro-ciment plantées dans le sable à cette fin n'ont pas donné de résultat concluant. En revanche, on a eu plus de succès avec une autre méthode qui consistait à utiliser des engins de terrassement pour sculpter le sable et lui donner des formes aérodynamiques, non point pour l'empêcher de se déplacer mais plutôt pour accélérer son mouvement de façon à ce qu'il ne vienne pas bloquer les routes avoisinantes ni détruire les plantations situées à proximité.

La construction de terrasses est l'une des méthodes les plus populaires pour prévenir ou arrêter l'érosion due à l'eau sur les flancs des collines ou les versants des montagnes. Ces terrasses peuvent se présenter sous la forme d'escaliers où la contre-marche serait faite de pierre ou de terre. Ce système en terrasse, utilisé pendant des siècles en Asie et ailleurs, est peut-être la forme de conservation physique ou mécanique la plus ancienne. Elle nécessite une importante utilisation de main-d'oeuvre. Les terrasses en vergers, formées de petits talus à flanc de colline, en forme de demi-lune, soutenues chacune par un arbre, nécessitent une intervention humaine moindre.

Au nombre des autres méthodes employées pour contrôler l'écoulement des eaux sur les terrains en pente, citons les canaux de dérivation qui

prennent l'eau à plus haute altitude, sur des terrains non productifs, et l'empêchent d'éroder les terres productives se trouvant en contre-bas, à flanc de coteau ou dans les plaines. De petits remblais, situés à intervalles réguliers, permettent d'arrêter les faibles quantités d'eau qui passent tout de même.

Dans les pays en développement, les barrages comme les terrasses ont joué un rôle de premier plan dans la conservation des sols. Leur importance est particulièrement grande lorsque les eaux de ruissellement qui dévalent les pentes ou qui proviennent de dépressions du sol ont taillé des ravines de grandes dimensions. Certains experts en conservation des sols estiment qu'il est généralement trop coûteux de vouloir corriger les effets du ravinement. Les barrages sont cependant l'un des principaux moyens d'empêcher les ravines de creuser encore davantage les terres. En règle générale, de petits barrages temporaires, formés de broussailles, de morceaux de bois ou de cailloux permettent d'atteindre ce but. Quelquefois, des barrages plus durables sont nécessaires; ils sont alors fabriqués en maçonnerie, avec des cages de fils de fer remplis de cailloux ou d'un mélange de vase et de végétaux.

Les mesures socio-économiques

Si les causes et les conséquences de la dégradation du sol comportent toutes deux des éléments socio-économiques, alors, logiquement, les solutions devraient également comporter des mesures qui en tiennent compte. Bien que les pressions démographiques constituent l'une des causes

indirectes de la dégradation des sols, nous nous attacherons surtout à l'étude de la pauvreté et de l'inégalité et à la place des dispositions légales dans les problèmes de conservation des sols.

Le problème de la pauvreté déconcerte le monde depuis des temps immémoriaux. Cependant, toutes les solutions au problème de la dégradation des sols devront en tenir compte d'au moins deux façons. Tout d'abord, les gouvernements doivent s'assurer que les agriculteurs obtiennent un juste prix pour leurs produits. Ils doivent aussi trouver d'autres façons de relever leur niveau de vie; en d'autres termes, ils doivent les aider à se sentir en sécurité dans le présent, si l'on veut que ces agriculteurs s'estiment responsables de la protection à long terme des sols de leurs pays. En deuxième lieu, toutes les mesures de conservation des sols, qui ne tiendront pas compte de ces besoins immédiats seront condamnées à l'échec. Il ne rime à rien, par exemple, de s'attendre à ce que les agriculteurs ne déboisent pas une forêt pour en brûler le bois, s'ils n'ont rien d'autre pour faire cuire leurs aliments. Parfaitement conscient de cette réalité, le CRDI a appuyé un certain nombre de projets de boisés de villages afin de s'assurer qu'il y ait suffisamment d'arbres aussi bien pour le chauffage que pour la régénération et la protection des sols.

Les problèmes associés au mode de propriété et de gestion des terres agricoles illustrent bien l'importance des éléments socio-économiques dans toute stratégie de conservation des sols. Le fait d'appuyer les cultivateurs pour l'obtention de politiques foncières plus équitables pourrait renverser les inégalités sociales responsables en partie de la

dégradation des sols. L'un des remèdes les plus efficaces dont disposent les gouvernements serait peut-être de décourager les baux de courte durée, à cause desquels les cultivateurs ne pensent à extraire du sol que ce qui leur est nécessaire pour nourrir leur famille et payer leur loyer.

Les réformes agraires sont à la fois d'ordre politique et juridique, et constituent également un domaine de recherche auquel le CRDI a accordé son appui, en Afrique, en Asie, en Amérique latine et dans les Antilles. L'école de droit de la University of the West Indies, à Cave Hill (la Barbade), a récemment mené à bien un tel projet. D'après l'étude effectuée dans les petites îles de Montserrat (12 000 habitants) et Antigua (76 000 habitants), dans les Antilles, on peut conclure que la distribution des terres ne contribue pas à diminuer la pauvreté ni le sentiment d'insécurité des cultivateurs si les parcelles sont trop petites et qu'on ne s'est pas préoccupé de questions comme les modalités de commercialisation et l'officialisation des baux.

Mais les régimes fonciers ne constituent qu'un des aspects juridiques de la conservation des sols. L'établissement d'un régime juridique qui permettra de s'assurer qu'un agriculteur se conforme aux mesures de conservation se pose de façon plus urgente encore. Il faut bien réfléchir afin de savoir à quel stade présenter la législation -- avant consultation avec la collectivité ou après -- et s'interroger sur la correspondance entre les nouvelles lois et les pratiques existantes.

L'expérience semble démontrer que les lois-sanctions ont moins de chance de réussir que celles qui sont liées à des récompenses concrètes. On a attribué l'échec subi au cours des siècles par les gardes forestiers de nombreux pays pour faire respecter les lois, au fait qu'on les a considérés comme des policiers préoccupés de restreindre les libertés des agriculteurs et des villageois plutôt que comme des partenaires voués à la protection d'un patrimoine naturel de la plus grande importance.

CONCLUSION

Tous doivent s'y mettre!

La conservation des sols est un des impératifs majeurs de l'époque actuelle, de portée universelle puisque la dégradation des sols est un phénomène global. La FAO déclarait avec raison dans Protect and Produce qu'une nation sans sols est en fait une nation en faillite. Or, pour prévenir une faillite mondiale, force nous est de conclure que la question de la dégradation des sols doit être examinée dans un contexte écologique, social et juridique.

Si l'on veut que la conservation des sols réussisse, il faut que les différentes couches de la société collaborent entre elles, " du berger montagnard au citoyen de la côte " pour reprendre les termes de Protect and Produce. Le rôle qu'est appelé à jouer le cultivateur est crucial dans toute recherche, planification ou mise en oeuvre de projets liés à la protection ou à la sauvegarde des sols. M. A. Stocking exprime parfaitement cette idée lorsqu'il remarque que " si le petit fermier ou le paysan du Tiers-Monde ne peut ou ne veut pas prendre à coeur la conservation, ce ne sera ni la présentation de modèles, ni les études empiriques sur les parcelles et l'évaluation des risques d'érosion, ni la législation qui permettront de préserver les ressources du sol ".

Les politiques qui présupposent que les paysans sont stupides, arriérés ou font preuve de mauvaise volonté sont condamnées à un cuisant

échec. Non seulement les cultivateurs -- et même les bergers nomades -- sont capables d'assimiler les techniques de conservation des sols, mais ils ont été, historiquement, ceux qui ont le mieux réussi et qui, de tous les habitants du Tiers-Monde, ont continué le plus longtemps à appliquer de telles mesures.

Il serait aussi vain d'attribuer au cultivateur la pleine responsabilité de la conservation des sols que de lui nier la place centrale qui est la sienne dans ce contexte. La recherche de solutions doit englober des experts nationaux ou internationaux, les gouvernements national et les organismes internationaux de financement ou de recherche. Même la contribution de Canadiens pour maintenir en vie les familles africaines acculées à la famine dans le cadre de campagnes de souscription joue un rôle considérable, fut-il indirect, dans la lutte contre la dégradation des sols et la prise de conscience de l'opinion publique internationale à l'égard de la fragilité des rapports entre l'homme et la biosphère.

On découvre déjà des manières d'adapter le financement des organismes internationaux et l'action de la communauté scientifique nationale et internationale à l'agriculture traditionnelle. Avec l'appui de citoyens du monde entier, nul ne doute que ces efforts porteront fruit.

LES ANNEXES

ANNEXE I

Un problème vieux comme la terre

L'histoire nous apprend que des civilisations se sont développées là où existait un excédent de production agricole et qu'elles sont disparues après avoir détruit leur base agricole. On peut relier le déclin des anciennes cités de la Mésopotamie, de la Méditerranée, de la Phénicie et d'autres régions à l'épuisement de leur couche arable. Avec l'accroissement de la population, les vallées fertiles sur lesquelles ces cités avaient été érigées ne parvinrent plus à fournir suffisamment de nourriture. Les collines environnantes, dénudées pour en tirer du bois de chauffage et de construction, étaient ensuite utilisées pour y faire pousser des récoltes ou y élever des animaux. Le sol des collines devenu très instable fut entraîné dans les vallées, où il obstrua les systèmes d'irrigation et bloqua l'écoulement des eaux, entraînant ainsi la formation de marécages, cause du paludisme. Finalement, toutes ces cités sont peut-être tombées à l'occasion de guerres dont l'enjeu était pourtant la recherche de colonies destinées à fournir de nouvelles sources de denrées alimentaires et de matériaux.

Une certaine théorie établit un lien entre la chute de la civilisation Maya, qui fleurissait à l'emplacement du Guatemala actuel, et l'érosion du sol. Selon cette théorie, la civilisation Maya a disparu vers l'an 900 de notre ère, après 17 siècles d'existence, car l'accroissement de la population poussa les Mayas à déboiser les collines abruptes pour y

installer de nouvelles fermes. L'importance de l'érosion qui s'ensuivit entraîna une diminution de l'indépendance alimentaire des Mayas et provoqua l'effondrement de leur civilisation.

La civilisation la plus ancienne dont l'histoire a conservé la trace, celle des Sumériens en Mésopotamie, entreprit de créer le premier système d'irrigation au monde, il y a plus de 6 000 ans. C'est ainsi qu'est apparue, pour la première fois, la stérilisation du sol par imprégnation saline (ou accumulation de sel). Les Sumériens détournèrent les eaux du Tigre et de l'Euphrate sur des champs mal drainés jusqu'à ce que la nappe phréatique se trouve à près d'un mètre de la surface. Attirée par capillarité à la surface, comme par une éponge, l'eau remonta et s'évapora, laissant à sa place une croûte de sel. Sur les fleuves, le déboisement des promontoires favorisa l'érosion et entraîna l'envasement des canaux. On captura des armées entières d'esclaves que l'on mit au nettoyage des canaux d'irrigation. Sur la plupart des terres où florissaient des champs de blé, on ne trouve plus désormais qu'un désert salé. Quant aux agriculteurs qui s'efforcent toujours d'arracher à la terre une maigre subsistance, les rendements qu'ils obtiennent figurent parmi les plus faibles au monde. La Mésopotamie de l'Antiquité, jardin verdoyant qui faisait vivre 20 millions de personnes grâce à l'irrigation de ses cultures, n'existe plus. Le pays qui lui a succédé, l'Iraq, avec ses 15 millions d'habitants, échange son pétrole contre des céréales.

L'histoire de la Mésopotamie s'est répétée, à quelques variantes près, dans de nombreuses parties du monde. Il y a 2 000 ans, le Sri Lanka faisait

vivre une population près de deux fois supérieure à celle qu'il a de nos jours et exportait ses excédents de riz. Aujourd'hui, ce pays importe du riz. La civilisation n'est plus un phénomène sporadique; partout, des villes ont surgi et elles ne sont pas toujours bâties sur l'abondance mais bien sur la pénurie. Nombreuses sont les villes, dans les pays en développement, autour desquelles sont venus se greffer des quartiers misérables où s'abritent les réfugiés des campagnes appauvries. Comme toujours, le mauvais état des sols constitue une des étapes les plus importantes du processus qui mène à la pauvreté.

Nomadisme, colonialisme et indépendance

Qui doit-on blâmer, dans notre monde en plein développement, pour la dégradation des sols et les autres problèmes écologiques et socio-économiques qui en résultent ? Pour certains, l'origine de la crise actuelle, survenue si peu de temps après l'indépendance des pays africains est facilement explicable : ce sont les nouveaux gouvernements qui doivent en porter tout le blâme. Pour d'autres, il ne fait aucun doute que les coupables sont la colonisation et ses tristes séquelles. Un examen attentif des données nous révélerait probablement qu'il serait tout aussi simpliste que stérile de rechercher un coupable en particulier. Les gouvernements coloniaux, comme leurs successeurs, que ce soit en Afrique ou ailleurs dans le monde, ont contribué au déclin de l'environnement. Contrairement à la croyance populaire, les fermiers illettrés de l'époque pré-coloniale ont fait beaucoup plus pour préserver la biosphère que leurs savants successeurs du Nord et du Sud.

L'une des façons de replacer les faits dans leur contexte historique et dans leur juste perspective, consiste à insister sur le fait que la dégradation des sols se poursuit à un rythme accéléré, au nord comme au sud et à l'est comme à l'ouest. Dans son ouvrage Studies of Soil Erosion and Sedimentation in Tanzania, Anders Rapp remarque que l'homme n'a pas cessé d'ignorer les limites du milieu et s'est toujours efforcé de conquérir la nature plutôt que de coopérer avec elle, aussi bien dans les pays industrialisés que dans ceux en développement.

Dans Fantastic Invasion, le journaliste britannique Patrick Marnham déclare que le rêve de tout étranger en Afrique a été de " changer le pays ". Les modèles proposés, ajoute-t-il, ont presque toujours été " nordiques ". Un courant d'opinion veut que les cultivateurs nomades de l'époque pré-coloniale, après avoir dépassé la phase de la chasse et de la cueillette, sont passés à une étape supérieure du développement de l'homme et ont progressé vers la " civilisation ". Aujourd'hui, plusieurs constatent que l'agriculture itinérante convient parfaitement à la fertilité particulièrement faible de la mince couche de terre arable qu'on trouve en Afrique.

Dans une publication du CRDI intitulée L'homme et l'arbre en Afrique tropicale, Gunnar Poulsen décrit l'agriculture itinérante comme étant une " pratique écologique de bon aloi ". Cette agriculture itinérante suppose un travail de déboisement et de débroussaillage avant l'installation de nouvelles fermes. Parfois, on met le feu à la végétation afin de fertiliser le terrain. Quand le sol ne donne plus rien, les agriculteurs

l'abandonnent pour aller sur un autre lopin de terre; les nomades, qui se déplacent avec leurs familles, emmènent leurs outils et leur bétail vers d'autres régions et laissent ce terrain désertique en jachère pendant 10, 15 ou 20 ans. Pendant qu'un terrain est cultivé, plusieurs autres sont en jachère.

Cette prise de conscience de la sagesse souvent présente dans la pensée et les pratiques traditionnelles a amené les savants qui participaient, en 1985, au Symposium sur la sécheresse en Afrique d'Ottawa à demander aux gouvernements africains de faire preuve " de souplesse et de compréhension ". Les participants au Symposium organisé par le CRDI, ont proposé les recommandations suivantes : " On devrait demander aux fermiers, aux collectivités rurales et aux organisations non-gouvernementales de contribuer davantage à la préparation des programmes de développement. "

L'agriculture itinérante n'était pas la seule manière de résoudre les problèmes que posait le système écologique fragile de l'Afrique pré-coloniale. Lloyd Timberlake, rédacteur en chef auprès de l'organisation londonienne Earthscan, note dans son ouvrage L'Afrique en crise qu'il n'était pas nécessaire de pratiquer l'agriculture itinérante, et d'ailleurs qu'on ne la pratiquait pas, lorsque le sol était assez riche pour permettre une autre utilisation des terrains. Dans de tels cas, déclare-t-il, " les sociétés africaines ont conçu des techniques personnelles très élaborées pour conserver les sols et n'ont reçu aucune aide des conseillers de race blanche ". Timberlake, ainsi que d'autres auteurs et chercheurs citent le cas de plusieurs tribus d'Afrique occidentale et orientale qui ont

traditionnellement pratiqué les cultures en terrasse, l'irrigation, les fumures, la stabulation et d'autres formes de conservation des sols. Par ailleurs, les agriculteurs africains faisaient souvent pousser des arbres avant la colonisation, préfigurant ainsi les pratiques modernes connues sous le nom de agroforesterie ou sylviculture.

C'est grâce à des techniques et à des adaptations de ce genre, grâce également à un impressionnant système de stockage des céréales que des peuplades africaines ont pu survivre à de dures périodes de sécheresse sans que se produisent des catastrophes comme celles dont nous sommes aujourd'hui témoins. Dans son essai intitulé " Man-made Famine in Eastern Kenya ", publié dans Landuse and Development, Ben Wisner trouve les racines de la dégradation du milieu dans l'expropriation des fermes et pâturages effectuée par les colons européens, après le début de la colonisation. L'octroi, sous la forme de concessions, aux soldats colons, de terrains " qui n'étaient pas effectivement occupés " est l'exemple même de la méconnaissance des problèmes et solutions de caractère écologique dont ont fait preuve les nouveaux venus au Kenya, erreur qu'on retrouve encore maintenant dans le droit foncier de nombreux pays en développement. Wisner décrit ainsi la situation critique qui en a résulté pour la tribu des Kambas qui occupait ce territoire : " Contraints d'adapter leur économie à une superficie moitié moindre de celle qu'ils avaient à l'origine, privés de la majeure partie du commerce extérieur qu'ils pratiquaient, écrasés par des impôts sur leurs huttes et par la capitation, ayant perdu beaucoup d'hommes au cours de la Première Guerre mondiale de même que sur les marchés européens de l'emploi, les Kambas commencèrent à ressentir une

certaine tension dans leur système économique. " Dans son livre Underdevelopment in Kenya, le professeur Colin Leys remarque que la part des exportations auxquelles les Africains ont contribué est tombée de 70 p. 100 en 1912-1913 à 20 p. 100 en 1928 et que, depuis cette année, elle a diminué de façon progressive. Les contraintes sur les sols, à la suite de l'abandon forcé des moyens de contrôle écologique traditionnels des Kambas, ont provoqué en 1924-1925 ce que Wisner appelle " la première de toute la série des famines de l'ère moderne dont les Kambas aient eu à souffrir. "

Tout ce qui précède n'est qu'un échantillon du nombre croissant de données qui viennent infirmer le bien-fondé de deux notions apparentées, à savoir d'une part que le bon sens écologique a commencé en Afrique avec l'arrivée des colons européens et, d'autre part, que le désastre écologique est un phénomène qui s'est produit après l'indépendance. Malgré cela, même si les puissances coloniales dirigeantes ont préparé le terrain d'une catastrophe écologique, il n'en reste pas moins que les gouvernements mis en place après l'indépendance se sont appuyés sur ces mêmes fondations. Ces deux groupes de dirigeants ont au moins deux points en commun. Le premier, c'est que l'inexpérience des gouvernements post-coloniaux est comparable à celle des colonisateurs qui les ont précédés. Le second, c'est que ni les uns ni les autres n'ont été capables de redonner aux indigènes le sens inné du milieu africain que possédaient les anciens nomades.

ANNEXE II

L'érosion des sols au Canada

Certains signes indiquent que de toute évidence les Canadiens et, de façon plus générale encore, les Nord-américains et les Européens commencent à payer chèrement la négligence dont ils ont fait preuve à l'égard de leurs sols. Selon la section régionale de l'Ontario de la Soil Conservation Society of America, l'érosion des sols pourrait bien constituer, dans les années 1980, le problème le plus méconnu et le plus grave pour les ressources naturelles.

Le Comité permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts du Sénat du Canada partage cette opinion. " Le Canada, déclare-t-il dans un rapport spécial publié sur la question en 1984, est confronté à la crise agricole la plus grave de son histoire et, s'il ne prend pas rapidement les mesures qui s'imposent, il perdra une grande partie de son potentiel agricole. " Après avoir parcouru le pays, recueilli des témoignages écrits ou oraux de cultivateurs, d'experts, de technocrates et d'autres encore, le Comité s'est aperçu que les agriculteurs canadiens perdaient chaque année plus d'un milliard de dollars en revenus agricoles à cause de la dégradation des sols.

Au Canada, de même que dans les pays en développement, la dégradation des sols est liée à des facteurs naturels comme les types de sols, la configuration des terrains et le climat. Ainsi, dans les Prairies, les

sols fins et sablonneux sont exposés à l'érosion éolienne comme en témoigne le phénomène du " dust bowl " qui est apparu au Canada et aux États-Unis en 1934, bien que l'érosion par l'eau joue également un rôle considérable dans cette partie du pays. Dans les Prairies, on attribue à l'érosion éolienne la perte d'environ 160 millions de tonnes de terre végétale chaque année et 117 autres millions à l'action des eaux. Les tentatives des agriculteurs en vue de récupérer une partie de ce qui a été perdu par l'érosion se traduisent par des dépenses annuelles de 239 millions de dollars supplémentaires en engrais.

Certaines parties de l'est du Canada peuvent également être touchées par l'érosion éolienne. " Les sols organiques du sud du Québec, " prévient le Sénat, " sont gravement érodés par les vents et, si l'on ne fait rien pour réduire le rythme des pertes, on pourrait bien perdre ces sols fertiles en une vingtaine d'années. "

Les régions plus montagneuses du pays sont naturellement plus exposées à l'érosion par l'action de l'eau. Des mesures scientifiques ont montré que la culture continue du maïs sur des pentes à 10 p.100 entraînerait une perte des sols quatre fois plus élevée qu'en terrain plat.

Malgré tout, au Canada comme dans le Tiers-Monde, il faut plus qu'une prédisposition physique pour provoquer une crise de la conservation des sols. Une gestion des sols imprudente et une mauvaise utilisation des sols dues en partie à des facteurs comme l'augmentation des coûts de la mécanisation et de la fertilisation ont exacerbé ces conditions

naturelles. L'emploi des engrais a augmenté de 604 p. 100 entre 1972 et 1982 et celui des pesticides de 887 p. 100. Bien qu'on ne trouve guère d'exploitations agricoles aussi petites que celles qui existent encore dans les pays du Tiers-Monde -- l'exploitation agricole moyenne au Canada étant plus de 100 fois plus grande que celle dans une île comme Antigua -- les titres fonciers commencent à poser des problèmes, du moins dans le centre du Canada. Selon le rapport du Sénat : " Il faut mentionner la (...) tendance croissante des agriculteurs de l'Ouest à louer plutôt qu'à posséder des terres cultivables. De nombreux baux ne sont que des accords verbaux, ne s'accompagnant d'aucune obligation détaillée et ne sont conclus, la plupart du temps, que pour une ou deux années à la fois. Il s'ensuit que le cultivateur qui loue une terre est peu enclin à prendre des mesures de conservation qui ne sont rentables qu'à long terme. "

En ce qui concerne l'agriculteur nord-américain, pas plus les possibilités de débouchés que les problèmes auxquels il doit faire face ne l'ont encouragé à prendre des mesures de conservation. La demande de céréales et d'autres produits sur le marché mondial a entraîné une diminution de la superficie des terres en jachère, a donné lieu au développement de la culture intensive et notamment d'une monoculture à base d'engrais qui ont remplacé les assolements, ce qui a amené, en retour, une diminution de la quantité de matières organiques contenues dans le sol. Cette même demande a entraîné la pratique d'un labourage avec de lourdes machines et même des déboisements dans certains endroits. On tend à exploiter la terre au maximum. On supprime les haies et on défriche des terrains boisés afin de permettre le passage des grosses machines

agricoles. On va même jusqu'à cultiver le long des routes de passage afin d'accroître la superficie cultivée. Il en résulte un tassement du sol dû au va et vient incessant de la machinerie lourde, l'été, et sa mise à nu, l'hiver. Dans les provinces de l'Atlantique, les pratiques de labour en usage dans les champs de pomme de terre contribuent pour une bonne part à l'importante érosion due au ruissellement sur les terrains en pente.

Au sujet de l'expérience canadienne, il faut mentionner les pertes de terrain ayant pour origine l'expansion réalisée dans des domaines non agricoles. Le Comité du Sénat a observé que le Canada a perdu plus de 1,4 millions d'hectares de terres cultivables au profit des villes, entre 1961 et 1976 seulement, ce qui, note le Comité, représente à peu près la superficie de l'Île-du-Prince-Édouard. Quant au Conseil des sciences du Canada, il signale dans un rapport du mois de juillet 1976 intitulé Démographie, technologie et richesses naturelles que " la moitié des terres cultivables perdues au profit de l'expansion urbaine provient du vingtième de nos meilleures terres cultivables ". Il faut près de deux acres et demi pour compenser la production perdue par chaque acre de terrain ainsi exploitée.

Nous n'avons pas étudié la dégradation des sols par la pollution, problème qui concerne beaucoup plus le Canada que la plupart des pays du Tiers-Monde. La pollution due aux émissions industrielles, aux déchets domestiques, etc., peut endommager le sol par contamination directe. Elle peut également avoir un effet secondaire en commençant par détruire les forêts et les fermes et en laissant les terrains ainsi dénudés exposés aux différentes formes d'érosion dont il a été question plus haut.

Publications du CRDI traitant de la question des sols

- AMER, Fathi, et al (1980). " Immobilization of Diammonium Phosphate and Monocalcium Phosphate in Calcareous Soils ", Soils Science Society of America Journal, Vol. 44, No 6, novembre-décembre, 1980, p. 1174 à 1178.
- ARMITAGE, F.B. (1985). Irrigated Forestry in Arid and Semi-Arid Lands : A Synthesis. Ottawa : Centre de recherches pour le développement international, IDRC - 243f.
- ASHBY, Jacqueline (1982). " Une roche pas comme les autres ", Le CRDI Explore, janvier 1982, Vol. 10, No 4, p. 18 et 19.
- AYENSU, Edward S. (1985). " Pattern and Impact of Drought in the Sahel Countries. " Exposé présenté lors du symposium sur la sécheresse en Afrique tenu le 12 au 14 août 1985 à Ottawa, Canada, sous l'égide du CRDI, de l'ACDI et du CIUS.
- BENE, S.G., et al (1977). Les arbres dans l'aménagement des terres sous les Tropiques : une solution à la faim. Ottawa : IDRC - 084f.
- BLACKIE, Malcolm J. (1985). " Land and Resource Management in Southern Africa. " Exposé présenté lors du symposium sur la sécheresse en Afrique tenu du 12 au 14 août 1985 à Ottawa, Canada, sous l'égide du CRDI, de l'ACDI et du ICSU.
- FLEURY, Jean-Marc (1982). " La pépinière du Sahel ", Le CRDI Explore, janvier 1982, Vol. 10, No 4, p. 20 et 21.
- GALATY, J.G., et al, éd. (1981). L'avenir des peuples pasteurs. Ottawa : IDRC - 175f.
- CRDI (1984). " Sécheresse, famine, aide et développement en Afrique : pour mieux comprendre la sécheresse; document préparé par le Centre de recherches pour le développement international ". Ottawa.
- (1982). Agricultural Research in Uganda : A Program for Rehabilitation. The Report of an IDRC Mission, 1981 in Manuscript Reports. Ottawa: IDRC - MR60e, avril 1982.
- KASWANI, C.L. et B.J. Ndunguru, éd. (1980). Intercropping; Compte rendu du 2^e symposium sur les cultures intercalaires dans les régions semi-arides, qui s'est tenu à Morogoro, en Tanzanie, du 4 au 7 août 1980. Ottawa : Université de Dar Es-Salaam, Tanzanie, Conseil de la recherche scientifique et Conseil de recherche pour le développement international. IDRC - 186e.
- KATEGILE, Jackson A., éd. (1985). Pasture Improvement Research in Eastern and Southern Africa; compte rendu d'un atelier qui s'est tenu à Harare, au Zimbabwe, du 17 au 21 septembre 1984. In Proceedings Series. Ottawa : IDRC - 237e.

- KER, A. D. R. (1979). Impératif alimentaire : exposé du programme de culture vivrière subventionné par le CRDI. Ottawa : IDRC - 143f.
- MCGARRY, M. G. et Jill STAINFORTH, éd. (1978). Compost, Fertilizer and Biogas Production from Human and Farm Wastes in the People's Republic of China. Ottawa : IDRC - TS8e.
- MONYO, J. H., A. D. R. KER, et M. CAMPBELL, éd. (1976). Intercropping in Semi-Arid Areas : compte rendu d'un symposium qui s'est tenu à la faculté de l'agriculture des sciences sylvicoles vétérinaires, Université de Dar Es-Salaam, Morogoro, Tanzania, du 10 au 12 mai 1976. Ottawa : IDRC - 076e.
- POULSON, Gunnar (1978). L'homme et l'arbre en Afrique tropicale: trois essais sur le rôle des arbres dans l'environnement africain. Ottawa : IDRC - 101f.
- SANGER, Clyde, en collaboration avec Gilles LESSARD et Gunnar POULSEN (1977). Des arbres et des hommes : description du programme de recherche forestière subventionné par le Centre de recherches pour le développement international. Ottawa : IDRC - 094f.
- WEBB-PROCTOR, Gary et James REUEL (1985). " Project Aims to Turn Rocks into Fertilizer in Tanzania ", Globe and Mail, vendredi 9 août 1985, p. B11.

ANNEXE IV

Bibliographie générale

- ARNOLD, M. H. (n.d.). "Breeding for Drought Tolerance in Arable Crops". Document polycopié.
- BENNEMA, J., et T. DE MEESTER (1981). "The Role of Soil Erosion and Land Degradation in the Process of Land Evaluation." In R. P. C. Morgan, éd. (1981), p. 77 à 85.
- BISHAY, Adil (1984). "An Integrated Approach to Desert Development", Ekistics 304, janv/févr. 1984, p. 41 à 46.
- BISWAS, Margaret et Maria Elena HURTADO (1984). "The Shrinking of the Farmland : Rural Neglect Leaves Erosion to Eat Away the First Link in the Food Chain", South, août 1984, p. 64 à 65.
- BROWN, Lester (1981). "World Population Growth, Soil Erosion and Food Security", Science, Vol. 214, 27 novembre 1981, p. 995 à 1002.
- (1979). "Where Has All The Soil Gone?", Mazingira, No 10, 1979, p. 61 à 68.
- , et al (1985). State of the World 1985; rapport du Worldwatch Institute sur les progrès en vue d'une société plus équitable. New York : W. W. Norton & Company.
- , et Edward C. WOLF (1985). Reversing Africa's Decline. In Worldwatch Paper, 65. Washington : Worldwatch Institute.
- CAMPBELL, Alec et John COOKE (n.d.). The Management of Botswana's Environment. Gaborone, Botswana : The Botswana Society.
- CRASWELL, E. T., et al, éd. (1985). Soil Erosion Management. In ACIAR Proceedings Series, No 6 Canberra : Australian Centre for International Agricultural Research.
- DREGNE, Harold et Ray MEYER (1985). "Soil Conservation Proves Profitable", Horizons, Hiver 1985, p. 28 et 29.
- DUDAL, R. (1981). "An Evaluation of Conservation Needs." In R. P. C. Morgan, éd., 1981, p. 3 à 12.
- DYSON-HUDSON, Rada (1983). "Desertification as a Social Problem", Science, Vol. 221, 30 septembre 1983, p. 1365 et 1366.
- ECKHOLM, Erik (1979). "Des forêts pour le peuple", Mazingira, No 11, 1979, p. 43 à 48.

- EPSTEIN, Emmanuel, et al (1980). "Saline Culture of Crops : A Genetic Approach", Science, Vol. 210, 24 octobre 1980, p. 399 à 403.
- FAO (1984?). Protect and Produce : Soil Conservation for Development. Rome : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture.
- FRIEND, A. M. et D. J. RAPPORT, éd. (1982). Compte rendu de l'atelier régional sur les statistiques concernant l'environnement et les ressources naturelles (Afrique). Nairobi (Kenya). Du 25 au 29 janvier 1982. Marseille : Données pour l'Association internationale pour le développement.
- HEUSCH, B. (1981). "Sociological Constraints in Soil Conservation : A Case Study, the Rif Mountains, Morocco." In R. P. C. Morgan, éd., 1981, p. 419 à 424.
- KAMDEL, Dr. Robert et Arthur M. FELL (1983). "On the Track of the Sahel's Weather Mysteries", South, février 1983, p. 50 et 51.
- KAMPEN, J. et B. A. KRANTZ (n.d.) "Soil and Water Management in the Semi-Arid Tropics." Mimeo : ICRISAT.
- KING, Kenneth (1978?). "Food from Forests", Mazingira, No 7, 1978(?), p. 43 à 46.
- MARNHAM, Patrick (1980). Fantastic Invasion. London Jonathan Cape.
- MORGAN, R. P. C., éd. (1981). Soil Conservation : Problems and Prospects. Chichester, Grande-Bretagne : John Wiley & Sons.
- O'KEEFE, Phil et Ben WISNER, éd. (1977). Landuse and Development. In African Environment Special No 5. Londres : International African Institute en association avec le Environmental Training Programme UNEP-IDEP-ACDI.
- PINCZES, Z. et al (1981). "Judgment of the Danger of Erosion through the Evaluation of Regional Conditions." In R. P. C. Morgan, éd., 1981, p. 87 à 108.
- QUINN, Hal (1985). "Coping with a Deadly Drought", Macleans, 25 juillet 1985, p. 20 et 21.
- Conseil des sciences Canada (1976). Population, Technology and Resources. Ottawa : Conseil des sciences Canada, juillet 1976.
- SHAXSON, T. F. (1981). "Developing Concepts of Land Husbandry for the Tropics." In R. P. C. Morgan, éd., 1981, p. 351 à 362.
- , (1981). "Shifting Sands May Finish Life in Mauritania", Toronto Star, 12 décembre 1984.

Comité permanent sénatorial de l'agriculture, des pêches et des forêts
(1984). Nos sols dégradés, le Canada compromet son avenir. Ottawa :
Sénat du Canada.

STOCKING, M. A. (1981). "Conservation Strategies for Less Developed
Countries." In R. P. C. Morgan, éd., 1981, p. 377 à 384.

SWIFT, Jeremy (1977). "Plaidoyer pour les nomades", Mazingira, No 2, 1977,
p. 27 à 32.

Université américaine du Caire (n.d.). Desert Development Demonstration and
Training. Université américaine du Caire.

The Courier, janvier 1985 (plusieurs articles).

TIMBERLAKE, Lloyd (1985). L'Afrique en crise : la banqueroute de
l'environnement, L'Harmattan (Paris) et Earthscan (Londres).

WIGGINS, S. L. (1981). "The Economics of Soil Erosion in the Acelhuate River
Basin, El Salvador." In R. P. C. Morgan, éd., 1981, p. 399 à 417.